doi:10.13866/j.azr.2018.05.27

克拉玛依市中部城区外围生态敏感性评价①

韩鹏冉[1,2]， 严 成[1]， 孙永秀[1,2]， 岳 健[1]
（1. 中国科学院新疆生态与地理研究所生物多样性研究室，新疆 乌鲁木齐 830011；2. 中国科学院大学，北京 100049）

摘 要： 运用GIS空间分析技术，选取土壤侵蚀、土地沙漠化、土壤盐渍化、生物多样性4个生态环境因素进行敏感性评价。结果表明：克拉玛依市中部城区外围以极敏感、高度敏感为主，极敏感区主要分布在克拉玛依市外围的石西公路北部、工业园区南部、无名湖湿地以及西部加依尔山山前地带，占37.38%；高度敏感区主要分布在石西公路以南除湿地外的广大平原区及西南部加依尔山山麓的部分区域，占51.71%；轻度敏感区和非敏感区零星分布在西部和北部加依尔山前，仅占0.76%。研究区生态敏感性整体偏高，极敏感及高度敏感区域应严禁非保护性开发，中度、轻度敏感区域应在生态优先的理念下适度开发。

关键词： 土壤侵蚀；土地沙漠化；土壤盐渍化；生物多样性；敏感性评价；克拉玛依市

随着社会的发展和技术的进步，人类对自然环境的影响范围和强度都在不断加大，由此引起的区域环境问题也在不断扩大和加剧[1]。生态敏感性评价实质上是对现状自然环境背景下潜在的生态问题进行明确的辨识，并将其落实到具体的空间区域。生态敏感性评价已经成为确定重点生态建设与保育区域的重要手段[2]。目前，国内外生态敏感性的研究多以省域、市（县）域为主[3-7]，针对城市外围区域的生态敏感性相关研究很少涉及[8-9]。

干旱区是中国退化生态环境类型分布的主要区域[10]，克拉玛依市是典型的干旱区绿洲城市，以石油产业为支柱，城市建设经历了两个阶段：一、先油田建设后生活后勤；二、加快城市建设并注重环境保护与恢复[11-14]。克拉玛依市在经济发展和人民生活水平提高的同时，也出现了经济发展与生态环境极不协调的问题，城市生态环境虽然有所改善，但整体生态环境趋于恶化[15]，城市外围区域生态恶化趋势尤为显著，已经影响到区域的可持续发展。因此，进行单因子生态敏感性评价及综合研究，对克拉玛依市未来生态规划及城市发展具有重要意义。

1 研究区概况

研究区位于克拉玛依市中部区域城市外围，包括克拉玛依区和白碱滩区，位于84°40′～85°25′E，45°13′～45°47′N，地处217国道两侧，沿中心城区东北和西南方向各延伸约30 km、宽约25 km的区域，划分为4个区块（图1）：A区和B区位于加依尔山山麓，为典型的砾石戈壁景观，局地有雅丹地貌发育；C区和D区为典型的平原荒漠景观，但在D区东南部有玛纳斯河水汇集形成的较大面积湿地，

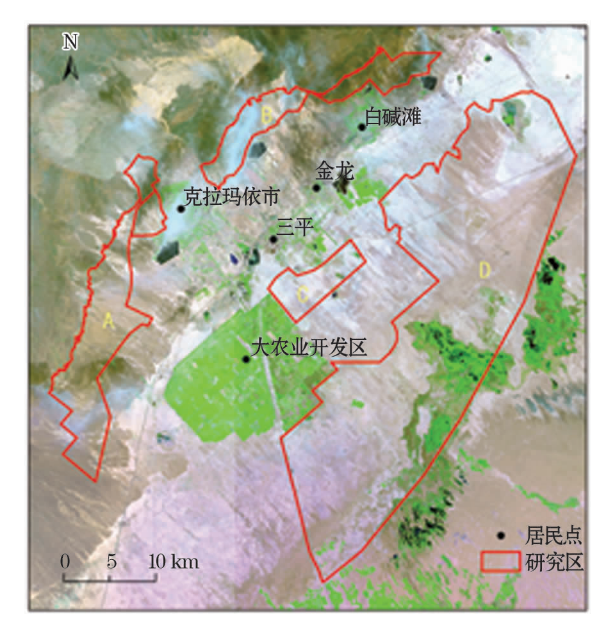


图1 研究区示意图

Fig. 1 Geographical location of the study area

① 收稿日期：2018-01-16； 修订日期：2018-04-10
基金项目：克拉玛依市中部区域荒漠戈壁生态建设规划项目（6502GHJ201606001）资助
作者简介：韩鹏冉（1991-），男，在读硕士，研究方向为生态恢复
通讯作者：严成. E-mail：yancheng@ms.xjb.ac.cn

总面积约 940.24 km^2。

研究区属温带荒漠气候区,干旱少雨、春秋多风,年平均气温 8.1 ℃,夏季酷热,极端最高气温达 49.1 ℃;冬季寒冷,极端最低气温为 -42.0 ℃。多年平均降水量为 108.9 mm,蒸发量为 3 008.9 mm,是降水量的 20.8 倍。平均冻土层厚度为 163.4 cm,最大值 197 cm;夏季多为西北风,冬季盛行东北风,多年平均风速 3.4 $m \cdot s^{-1}$,多年平均大风日数 71.3 d,极大风速为 42.2 $m \cdot s^{-1}$,偶有沙尘天气。气象灾害以大风、高温和低温天气为主。土壤含盐量普遍较高,土壤质地以砂土和壤土居多。

2 研究方法

2.1 数据来源及预处理

数据包括研究区 2016 年 9 月、2000—2016 年的每年 4—10 月 MODIS 植被指数产品数据(空间分辨率为 250 m×250 m)、1∶10 000 地形图、1∶10 000 土地利用现状图(2015 年)、研究区 6 个气象站点的降水数据、17 个气象站点的大风数据、土壤及水文专项调查数据。矢量化在 ArcGIS 10.3 环境下进行,空间地理配准的均方根误差在 0.5 个像元内;统一采用北京 1954 年坐标格式和高斯-克里格投影,栅格大小为 30 m×30 m。

2.2 评价因子选取及评价方法

2.2.1 土地沙漠化敏感性评价　土地沙漠化敏感性评价选取大风天数、湿润指数、土壤质地、归一化植被指数(NDVI)4 个评价因子。大风天数根据克拉玛依市 17 个气象站点的大风数据,利用反距离插值方法得到大风天数分布图;湿润指数根据克拉玛依市 6 个气象站的多年降水量和蒸发量数据,计算降水量与蒸发量的比值,利用 ArcGIS 反距离空间插值法,获得湿润指数分布图。

2.2.2 土壤盐渍化敏感性评价　土壤盐渍化敏感性评价选取地下水埋深、干旱指数、地下水矿化度、地形 4 个评价因子。其中,根据水资源专项在研究区域内布设的 56 个浅层地下水位观测井,定期观测地下水深度,运用 ArcGIS 克里金(Kriging)插值法,获得浅层地下水埋深分布图;根据克拉玛依市 6 个气象站点的多年降水量和蒸发量数据,计算蒸发量与降水量的比值,利用 ArcGIS 反距离插值法,获得干旱指数分布图;采集以上 56 个井位及其他水源地的水样,送至实验室测定地下水矿化度,利用 ArcGIS 反距离插值法,获得浅层地下水矿化度分布图;以克拉玛依市 1∶10 000 地形图作为数据源,应用 ArcGIS 空间分析模块中的坡度提取、水文分析功能模块的 Sink 洼地计算工具,提取研究区域地形坡度数据,再运用 ArcGIS 栅格计算器 CON 公式对坡度分布图和洼地分布图进行合并,生成地形(坡度+洼地)分布图。

2.2.3 土壤侵蚀敏感性评价　土壤侵蚀敏感性评价选取降水量、土壤质地、地形起伏度、归一化植被指数 4 个评价因子。其中,根据克拉玛依市 6 个气象站点的降水数据,利用反距离插值方法得到降水分布图;根据土壤专项野外调查的土壤类型、土壤物质组成及土壤分布等数据,绘制土壤质地分布图;以克拉玛依市 1∶10 000 地形图作为数据源,应用 ArcGIS 空间分析模块中的栅格邻域计算工具 Neighborhood Statistics,以 500 m×500 m 为最小空间单元,计算生成地形起伏度分布图;根据下载的克拉玛依市 2000—2016 年的 MODIS 影像 NDVI 数据,计算每年 NDVI 的最大值,再对 17 a 的最大值取平均值,获得 NDVI 分布图。

2.2.4 生物多样性敏感性评价　在生物多样性的敏感性评价中,由于对动物和微生物的敏感度较难空间定量化,本研究重点对地表植被的敏感性进行分析。利用能够较好反映植被原生状态和植物生长状况的归一化植被指数(NDVI)[14],通过 NDVI 分级定性分析不同植物覆盖度下的生物多样性及生境敏感性等级。

2.2.5 单因子敏感性评价法　生态环境问题的形成和发展往往是多个因子综合作用的结果,各种生态因子相互联系,相互制约,形成多样的结构和复杂的生态过程,构成区域生态环境综合体[6]。因此,在进行生态环境敏感性分析时,常常采用多因子的综合方法[16-18]。

依据国家环保总局 2003 年出台的《生态功能区划暂行规程》中关于省级区域生态敏感性评价指标及分级标准[19],结合克拉玛依市的生态特点和指标数值分布特征,将克拉玛依市中部城区外围生态敏感性评价指标依次划分为不敏感、轻度敏感、中度敏感、高度敏感和极敏感 5 级(表 1),分别赋值为 9、7、5、3、1。为了综合反映不同敏感性的区域差异,通过咨询专家确定各影响因子的贡献率,赋予相应权重(表 1),采用生态敏感性指数法[20](式 1)对各类敏感性进行综合评价:

表 1 克拉玛依市中部城区外围生态环境敏感性影响因子及分级

Tab. 1 The factors sensitive to ecological environment in the peripheral regions of Karamay central urban area

敏感因子	影响因子	权重	不敏感	轻度敏感	中度敏感	高度敏感	极敏感
土地沙漠化	湿润指数	0.1	–	>0.064	0.051～0.064	0.044～0.051	<0.044
	大风天数	0.15	–	< 22.70	22.70～35.35	35.35～48.75	> 48.75
	土壤质地	0.45	基岩	黏土	黏壤土、粗砂+黏土、粗砂土(含砾)	壤土、砂壤土	砂土、粉砂土、面砂土、细砂土
	归一化植被指数(NDVI)	0.3	> 1 600	1 100～1 600	900～1 100	700～900	< 700
土壤盐渍化	干旱指数	0.15	–	< 15.59	15.59～19.61	19.61～22.65	>22.65
	地下水矿化/($g \cdot L^{-1}$)	0.2	<1	1～5	5～10	10～15	>25
	地下水埋深/m	0.25	> 4	3～4	2～3	1～2	< 1
	地形	0.4	< 0.338 1	0.338 1～0.676 1	0.676 1～1.690 3	1.690 3～2.704 5	> 2.704 5
土壤侵蚀	降水量/mm	0.2	< 115	115–135	>135	–	–
	土壤质地	0.1	石砾、基岩	黏土、粗砂土、细砂土、粗砂+黏土	黏壤土	砂壤土	粉砂土、面砂土
	地形起伏度/m	0.55	0～3.725	3.725～11.174	11.174～21.107	21.107～36.005	>36.005
	归一化植被指数(NDVI)	0.15	> 1 600	1 100～1 600	900～1 100	700～900	< 700
生物多样性	植被覆盖	1	裸地	稀疏	较少	适中	茂密
综合评价	分级赋值(C)		9	7	5	3	1

表 2 克拉玛依市中部城区外围生态敏感性空间面积估算

Tab. 2 Estimated area of the peripheral regions sensitive to ecological environment of Karamay central urban area

敏感性等级	土地沙漠化		土壤盐渍化		土壤侵蚀		生物多样性		综合	
	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%	面积/km^2	比例/%
不敏感	163.89	17.43	139.67	14.86	480.74	51.13	30.98	3.29	0.04	0.004 6
轻度敏感	349.66	37.19	162.28	17.26	229.07	24.37	220.48	23.45	7.03	0.75
中度敏感	198.78	21.14	149.85	15.94	191.18	20.34	200.1	21.28	95.48	10.16
高度敏感	103.6	11.02	255.54	27.18	39.16	4.17	395.38	42.05	486.14	51.71
极敏感	124.23	13.21	232.83	24.76	0	0	93.22	9.92	351.46	37.38

$$SS_j = \sum_{i=1}^{4} C_i \cdot W_i \qquad (1)$$

式中：SS_j 为 j 空间单元敏感性指数；C_i 为 i 因素敏感性等级值；W_i 为 i 因子权重。

2.2.6 *综合敏感性评价方法* 综合评价克拉玛依市城市外围区域生态环境敏感性，需全面分析土壤侵蚀敏感性、土地沙漠化敏感性、土壤盐渍化敏感性和生物多样性敏感性，并对各项单因子敏感性等级赋值，利用最大值法(式 2)进行综合评价，确定各敏感性因子等级值[21]。

$$SS_{ij} = \max(S_i) \qquad (2)$$

式中：SS_{ij} 为 j 空间单元生态环境敏感性指数；S_i 为 i 因素敏感性等级值。

3 结果分析

3.1 土地沙漠化敏感性分析

表 2 显示，研究区土地沙漠化敏感性总体较高，且以轻度敏感分布为主。轻度敏感区面积 349.66 km^2，占总面积的 37.19%。在大风、降水、土壤质地和植被等因素共同作用下，研究区土地沙漠化敏感性呈现出明显的区域差异(图 2a)。土地沙漠化高度敏感和极敏感区主要分布在石西公路以北广大区域，该区域降水少，风速大，植被覆盖率低，土壤多为沙粒土和壤土，极易受风沙吹蚀，土地沙漠化敏感性高。中度敏感区主要分布在北部平原沙漠化高度敏感、极敏感区周围以及南部平原和北部山区部分区域，同样，植被覆盖状况较差，基质为壤质和沙粒质土壤也是造成这些区域土地沙漠化敏感性较高的主要原因。

3.2 土壤盐渍化敏感性分析

表 2 结果表明，研究区土壤盐渍化敏感性整体较高，以极敏感和高度敏感分布为主。极敏感区域面积为 232.83 km^2，占总面积的 24.76%；高度敏感区域面积为 255.54 km^2，占总面积的 27.18%。在地下水埋深、降水量、蒸发量、地下水矿化度和地形

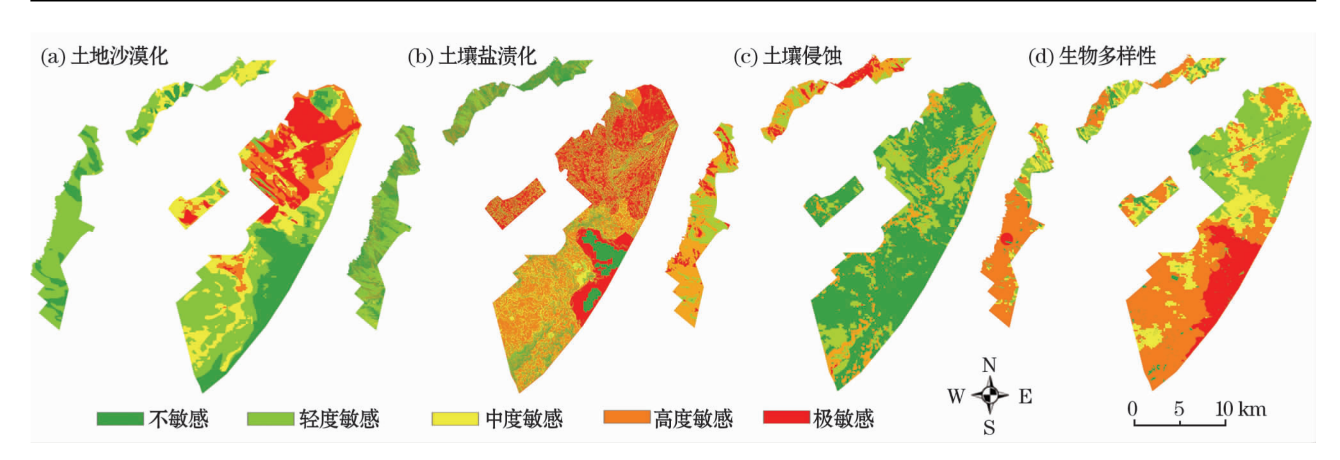


图 2　单因子敏感性评价结果

Fig. 2　Evaluated result of single-factor sensitivity

等环境因素综合影响下,研究区土壤盐渍化敏感性具有明显的地域差异(图 2b)。土壤盐渍化极敏感区主要分布在石西公路以北大部分区域、无名湖湿地周边以及石化工业园区东南部。这些区域蒸发量与降水量比值大,地势低平,地下水矿化度高。高度敏感区主要分布在石西公路以南大部分区域以及大沙河湿地附近。同样,气候干燥、地势低,高地下水矿化度也是造成该区域土壤盐渍化高敏感性的主要原因。

3.3　土壤侵蚀敏感性分析

表 2 显示,研究区土壤侵蚀敏感性整体偏低,以不敏感和轻度敏感分布为主。轻度敏感区域面积为 229.08 km^2,占总面积的 24.37%。在降水、土壤质地、地形起伏度和植被等因素的共同作用下,研究区土壤侵蚀敏感性地域分布差异显著(图 2c)。中度和高度敏感区主要分布在西部和北部加依尔山前山—山麓地带。该区域因地势高差起伏较大,坡度较陡,地表砾石裸露,无植被或植被分布稀疏,地表易受水力侵蚀。不敏感区域主要集中在东中部平原区域,这些区域地势起伏平缓,植被覆盖状况较好或自身抗土壤侵蚀能力强。

3.4　生物多样性敏感性分析

表 2 显示,研究区生物多样性敏感性整体较高,以高度敏感分布为主。高度敏感区域面积达395.38 km^2,占总面积的 42.05%。研究区生物多样性敏感性具有明显的地域差异(图 2d)。生物多样性极敏感区主要分布在无名湖湿地和西部加依尔山前小部分区域。湿地植被覆盖度高,是动植物种类和数量最为丰富的区域,同时有国家级保护的水生鸟类分布。西部山前发现珍稀濒危物种波斑鸨,说明这一区域植被长势较好、人类活动干扰强度低。高度敏感区主要分布在东部平原的南部和山区南部大部分区域。南部平原区域植被覆盖度相对较高,有国家级保护物种梭梭、胡杨和沙枣等分布。西南部山前区域植被覆盖度也比较高,植被长势好。轻度和中度敏感区主要分布在东部平原的北部大部分区域以及西北和北部的大部分山前地带,这些区域因石油开发、交通设施和城市开发建设等,局部区域植被覆盖度大幅下降,野生动物栖息环境受干扰强烈,生物多样性降低。轻度敏感区主要分布在农田、建设用地和裸地区域,此类区域因靠近城市,人类活动频繁,原始植被破坏严重,导致动植物多样性降低。

3.5　生态环境敏感性综合分析

在上述土地沙漠化、土壤盐渍化、土壤侵蚀和生物多样性单因子敏感性评价的基础上,利用 GIS 技术,将研究区荒漠生态环境综合敏感性定量划分为极敏感区、高度敏感区、中度敏感区、轻度敏感区和不敏感区 5 个等级(图 3)。

极敏感区分布在石西公路以北的广大平原区、

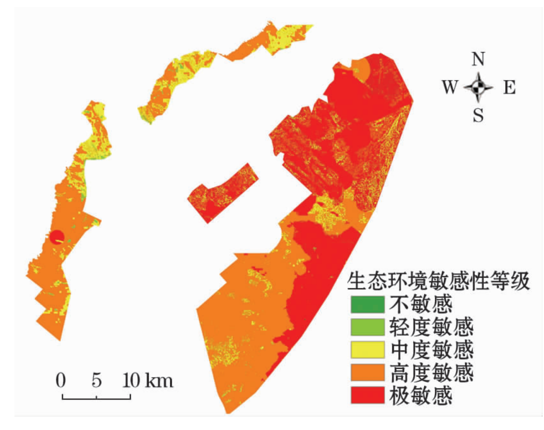


图 3　生态敏感性综合评价结果

Fig. 3　Comprehensively - evaluated results of ecological sensitivity

工业园区南部、无名湖湿地以及西南部加依尔山前部分区域，面积 351.46 km^2，占总面积的 37.38%（表2）。此区域植被覆盖度最低，土地沙漠化趋势显著，土壤盐渍化现象严重，人为工程扰动明显，并已对生态环境造成严重破坏，且随着社会经济的快速发展，基础设施建设等人类活动扰动强度加剧，该区域的生态环境敏感性还会不断增强。

高度敏感区分布在石西公路以南除湿地外的广大平原区、西南部加依尔山山麓大部分区域和北部加依尔山的部分区域，面积 486.14 km^2，占总面积的 51.71%（表2）。平原区域土壤盐渍化现象显著，植被覆盖率较低，部分区域土地沙化趋势明显，放牧和石油开发等人类活动频繁，对生态环境具有一定的破坏力。因此，未来这些区域要限制土地开发，加强基本农田和国有林的保护。山区的地面起伏大，植被覆盖度较差，土壤侵蚀较严重，同时有较多采砂场分布，多条铁路、公路穿过，人类活动干扰强烈，地表植被已受到不同程度的破坏，造成水土流失加剧，且遇大风天易起沙尘，对下游白碱滩区、三平水库以及风克渠等的生态安全造成威胁。

中度敏感区主要分布在西北部加依尔山山麓区域和北部加依尔山的大部分区域，面积 95.48 km^2，占总面积的 10.16%（表2）。该区域土壤侵蚀现象明显，部分区域土地沙漠化严重。

轻度敏感区和不敏感区仅在西部和北部加依尔山前零星分布，面积 7.07 km^2，仅占总面积的 0.76%（表2）。这些区域生物多样性不高，土壤侵蚀、盐渍化、沙漠化敏感性也均较低，同时人类活动影响小，生态系统承载压力小。

4 结论与讨论

本文在分析影响克拉玛依市中部城区外围生态环境主要因子的基础上，建立了生态敏感性评价指标体系，并通过专家打分、层次分析等方法，利用 GIS 技术对研究区的生态敏感性进行评价，将研究区划分为极敏感、高度敏感、中度敏感、轻度敏感和不敏感 5 个等级，并提出该区初步的生态建设方向及开发建议。

（1）极敏感区。此区域不适宜再进行开发建设，应加强生态环境保护，控制人类活动。采取适当的人工措施进行生态恢复，提升植被盖度，减弱土地沙漠化趋势。应注重生物多样性保护，保护动植物生存环境，维护区域景观。

（2）高度敏感区。这些区域要限制土地开发，加强基本农田和国有林的保护。重点治理垃圾倾倒、滥采滥挖等破坏性行为，加强植被的恢复与保护工作。

（3）中度敏感区。此区域靠近城区，应限制工矿企业开发，保护雅丹景观，进行封育封禁措施，提升水土保持能力。在部分雅丹地貌区域，可以进行生态旅游相关方面规划开发。

（4）轻度敏感区和不敏感区。适当开发一些生态旅游项目，减少对生物栖息地的破坏，但开发过程中应注重对生态环境的保护，走资源开发与生态保护相结合的可持续发展道路。

参考文献（References）：

〔1〕 欧阳志云，王效科，苗鸿. 中国生态环境敏感性及其区域差异规律研究〔J〕. 生态学报，2000，20(1)：9－12.〔Ouyang Zhiyun，Wang Xiaoke，Miao Hong. China's eco-environmental sensitivity and its spatial heterogeneity〔J〕. Acta Ecologica Sinica，2000，20(1)：9－12.〕

〔2〕 徐广才，康慕谊，赵从举，等. 阜康市生态敏感性评价研究〔J〕. 北京师范大学学报自然科学版，2007，43(1)：88－92.〔Xu Guangcai，Kang Muyi，Zhao Congju，et al. Appraisal of eco-sensitivity on Fukang city〔J〕. Journal of Beijing Normal University：Natural Science Edition，2007，43(1)：88－92.〕

〔3〕 穆媛芮，胡建团，郭洁，等. 西天山吐拉苏地区生态环境敏感性评价〔J〕. 水土保持通报，2012，32(6)：292－295，317.〔Mu Yuanrui，Hu Jiantuan，Guo Jie，et al. Evaluation on environmental sensitivity of Tulasu area in Weastern Tianshan Mountain〔J〕. Bulletin of Soil and Water Conservation，2012，32(6)：292－295，317.〕

〔4〕 李东梅，吴晓青，于德永，等. 云南省生态环境敏感性评价〔J〕. 生态学报，2008，28(11)：5 270－5 278.〔Li Dongmei，Wu Xiaoqing，Yu Deyong，et al. Evaluation on environmental sensitivity of Yunnan Province〔J〕. Acta Ecologica Sinica，2008，28(11)：5 270－5 278.〕

〔5〕 于谦龙. 乌鲁木齐市生态环境敏感性评价与土地可持续利用研究〔J〕. 安徽农业科学，2007，35(21)：6 544－6 546.〔Yu Qianlong. The study of appraisal of ecological environment s-ensitivity and sustainable land use in Urumqi〔J〕. Journal of Anhui Agricultural Sciences，2007，35(21)：6 544－6 546.〕

〔6〕 刘康，欧阳志云，王效科，等. 甘肃省生态环境敏感性评价及其空间分布〔J〕. 生态学报，2003，23(12)：2 711－2 718.〔Liu Kang，Ouyang Zhiyun，Wang Xiaoke，et al. Eco-environmental sensitivity and its spatial distribution in Gansu Province〔J〕. Acta Ecologica Sinica，2003，23 (12)：2 711－2 718.〕

〔7〕 张沛，徐海量，杜清，等. 基于 RS 和 GIS 的塔里木河干流生态环境状况评价〔J〕. 干旱区研究，2017，34(2)：416－422.〔Zhang Pei，Xu Hailiang，Du Qing，et al. Change of ecological conditions in the mainstream area of the Tarim River based on RS and GIS during the period of 1990－2010〔J〕. Arid Zone Reseearch，2017，34(2)：416－422.〕

〔8〕 徐海龙,尹海伟,孔繁花,等.基于潜力—约束和 SLEUTH 模型松散耦合的南京城市扩展模拟〔J〕.地理研究,2017,36(3):529-540.〔Xu Hailong,Yin Haiwei,Kong Fanhua,et al. Urban sprawl simulation based on the loose coupling between potential-limitation and SLEUTH model in Nanjing city〔J〕. Geographical Research,2017,36(3):529-540.〕

〔9〕 周彬学.城市边缘区主体功能区划研究〔D〕.西安:陕西师范大学,2009.〔Zhou Bingxue. Study on the Main Function Area of Urban Fringe Area〔D〕. Xi'an:Shaanxi Normal University,2009.〕

〔10〕 刘国华,傅伯杰,陈利顶,等.中国生态退化的主要类型、特征及分布〔J〕.生态学报,2000,20(1):13-19.〔Liu Guohua,Fu Bojie,Chen Liding,et al. Characteristics and distributions of degraded ecological types in China〔J〕. Acta Ecologica Sinica,2000,20(1):13-19.〕

〔11〕 高雅洁.基于 GIS/RS 的克拉玛依生态环境变化分析〔D〕.乌鲁木齐:新疆师范大学,2010.〔Gao Yajie. Analysis on Ecological Environment Change Based on GIS and RS in Karamay City〔D〕. Urumqi:Xinjiang Normal University,2010.〕

〔12〕 史珂.克拉玛依市产业用地利用现状及评价研究〔D〕.乌鲁木齐:新疆农业大学,2014.〔Shi Ke. Current Situation and Evaluation of Industrial Land Use in Karamay City〔D〕. Urumqi:Xinjiang Agricultural University,2014.〕

〔13〕 刘娴,刘欣,阿丽娅.克拉玛依生态环境现状评价分析〔J〕.北方环境,2011(10):14-17.〔Liu Xian,Liu Xin,Aliya. Karamay ecological environment present situation appraisal analysis〔J〕. Environment and Development,2011,23(10):14-17.〕

〔14〕 杨新峰.克拉玛依石油城建设中的生态文明〔J〕.新疆石油科技,2016,26(4):77-80.〔Yang Xinfeng. Ecological civilization in the construction of Karamay oil city〔J〕. Xinjiang Petroleum Science & Technology,2016,26(4):77-80.〕

〔15〕 潘峰,田长彦,邵峰,等.新疆克拉玛依市生态敏感性研究〔J〕.地理学报,2011,66(11):1 497-1 507.〔Pan Feng,Tian Changyan,Shao Feng,et al. Evaluation of ecological sensitivity in Karamay,Xinjiang,Northwest China〔J〕. Acta Geographica Sinica,2011,66(11):1 497-1 507.〕

〔16〕 Sung Ryong Ha,Dhong D Jung,Cho Hee Yoon . A renovated model for spatial analysis of pollutant runoff loads in agricultural watershed〔J〕. Water Science Technology,1998,38(10):207-214.

〔17〕 Cassel-Gintz M,Petschel-Held G. GIS-based assessment of the threat to world forests by patterns of nonsustainable civilization nature interaction〔J〕. Journal of Environmental Management,2000,59:279-298.

〔18〕 何英彬,陈佑启,常欣,等.基于 GIS 的自然生态与社会经济综合区划——以黄土高原延河流域为例〔J〕.中国农业资源与区划,2004,25(4):36-39.〔He Yingshan,Chen Youqi,Chang Xin,et al. Study on GIS methodology for regionalzation of natural ecology and socio-economy〔J〕. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2004,25(4):36-39.〕

〔19〕 国家环境保护总局.生态功能区划暂行规程.2003.〔State Environmental Protection Administration. Interim procedures for the zoning of ecological functions. http://www.zhb.gov.cn/.〕

〔20〕 李建军,苏志珠,王言荣.基于 GIS 的万荣县生态敏感性评价与区划〔J〕.中国农业资源与区划,2014,35(5):48-54.〔Li Jianjun,Sun Zhizhu,Wang Yanrong. Study on the ecological and regionalization in Wanrong County based on GIS〔J〕. Chinese Journal of Agricultural Resources and Regional Planning,2014,35(5):48-54.〕

〔21〕 章家恩.生态规划学〔M〕.北京:化学工业出版社,2009.〔Zhang Jia'en. Ecological Planning〔M〕. Beijing:Chemical Industry Press,2009.〕

GIS-based Assessment of Eco-environmental Sensitivity in Peripheral Regions of Karamay Central Urban Area

HAN Peng-ran[1,2], YAN Cheng[1], SUN Yong-xiu[1,2], YUE Jian[1]

(1. *Xinjiang Institute of Ecology and Geography*, *Chinese Academy of Sciences*, *Urumqi* 830011, *Xinjiang*, *China*;
2. *University of Chinese Academy of Sciences*, *Beijing* 100049, *China*)

Abstract: Based on GIS spatial analysis technology, the factors sensitive to ecological environment include mainly the soil erosion, land desertification, soil salinization and biodiversity reduction. The results were as follows: the extremely and highly ecological sensitive are as were dominant in the peripheral regions of the Karamay urban area. The extremely sensitive areas were mainly distributed in the north of Shixi Road, south of Industrial Park, Wuminghu wetland and the piedmont zone of the Jayer Mountain in the west, and their proportion accounted for 37.38% of the study area. The highly sensitive areas were mainly distributed in the vast plains south of Shixi Road expect Wuminghu wetland and some piedmont zone southwest of the Jayer Mountain, and their proportion accounted for 51.71% of the study area. The mildly sensitive and non-sensitive areas were distributed only in the western and northern piedmont zones of the Jayer Mountain, and their proportion accounted for 0.76% only. Holistically, the ecological sensitivity of the study area was high, non-protective development should be strictly prohibited in the high and extremely high ecological sensitive areas. Moderate, mild, and non-sensitive areas should be developed moderately under the concept of ecological priority.

Key words: soil erosion; land desertification; soil salinization; biodiversity; Karamay City